

PENANGANAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT AKTIVITAS RENDAH PASCA PENGGANTIAN *HEPA FILTER* DI IRM

Susanto, Sunardi dan Bening Farawan
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

ABSTRAK

PENANGANAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT AKTIVITAS RENDAH PASCA PENGGANTIAN *HEPA FILTER* DI IRM. Penanganan limbah radioaktif padat aktivitas rendah pasca penggantian *hepa filter* di IRM telah dilakukan. Proses penanganan limbah tersebut mengacu kepada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 27 Tahun 2002, tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) nomor : 03/Ka-BAPETEN/V-99, Tentang Ketentuan Keselamatan Untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif serta Prosedur Pengelolaan Limbah radioaktif dan B3 di PTBN tahun 2010. Tujuan dari penanganan adalah untuk mengurangi penyebaran bahaya kontaminasi dan paparan radiasi dari limbah radioaktif padat yang membahayakan bagi pekerja, daerah kerja dan lingkungan. Penanganan tersebut meliputi pemantauan, pengumpulan, pengelompokan, pengepakan, pelabelan dan pengangkutan. Limbah radioaktif di PTBN ditimbulkan dari proses pembuatan elemen bakar nuklir dan uji pasca iradiasi termasuk penggantian *hepa filter*. Selama tahun 2012 dari PTBN telah dilakukan pengiriman limbah radioaktif padat berupa 13 buah drum ukuran 100 liter dapat bakar, 1 buah drum ukuran 100 liter tidak dapat bakar, 5 buah *smoke detektor* dan 45 buah *hepa filter* ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR).

Kata kunci: *Hepa filter*, penanganan, limbah padat, radioaktif

PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) merupakan instansi yang bertugas untuk pelaksanaan pengembangan teknologi produksi bahan bakar nuklir dan daur ulang. Pelaksanaan tugas tersebut dilaksanakan oleh dua instalasi nuklir, yaitu Instalasi Radiometalurgi (IRM) dan Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) yang dibangun di Kawasan PUSPIPTEK Serpong^[1]. Dalam melaksanakan tugasnya, kedua instalasi tersebut akan menghasilkan limbah radioaktif yang berbentuk limbah cair, limbah padat dan limbah gas. Limbah limbah tersebut semakin lama volumenya akan semakin bertambah dan akan membahayakan bagi pekerja, daerah kerja dan lingkungan, oleh karena itu perlu dilakukan penanganan yang baik.

Tujuan dari penanganan limbah radioaktif adalah untuk menjaga pekerja, daerah kerja dan lingkungan dari penyebaran bahaya radiasi dan kontaminasi limbah radioaktif. Dalam makalah ini penulis membatasi hanya pada penanganan limbah radioaktif padat

termasuk limbah dari penggantian *hepa filter* dari pengumpulan sampai pengiriman ke IPLR (Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 27 tahun 2002, tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) nomor : 03/Ka-BAPETEN/V-99, tentang Ketentuan Keselamatan Untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif^[2], disebutkan bahwa Badan Tenaga Nuklir Nasional, (BATAN) dalam hal ini adalah Pusat Pengelolaan Limbah Radioaktif (PTLR) satu satunya institusi yang berwenang mengelola limbah radioaktif.

Limbah radioaktif padat di instalasi nuklir PTBN terbentuk karena adanya kontaminasi radioaktif pada bahan yang dipakai untuk kegiatan di IRM dan IEBE seperti kertas merang, sarung tangan (kain atau karet), baju kerja, sepatu kerja, kertas filter, masker debu dan sebagainya yang tidak ekonomis untuk didekontaminasi. Limbah padat umumnya terbentuk dari bahan dan peralatan di ruangan kerja atau laboratorium yang dimasukkan ke dalam kotak limbah oleh pekerja radiasi. Selain itu, limbah radioaktif juga ditimbulkan dari sistem ventilasi udara di suatu instalasi nuklir termasuk PTBN.

Selama pengoperasian instalasi, cerobong mengeluarkan radioaktif gas/aerosol yang berupa gas hasil fisi dan partikulat radioaktif yang merupakan gabungan dari jalur laboratorium, jalur fumehood dan jalur *hotcell*. Efluen aerosol radioaktif dari ketiga jalur tersebut kemudian dialirkan melalui sistem *hepa filter* secara bertingkat untuk dibuang keluar gedung melalui cerobong dengan ketinggian 60 m dari permukaan tanah. Sistem *hepa filter* dibuat secara bertingkat dimaksudkan untuk mencegah atau mengurangi pencemaran lingkungan disekitar instalasi. *Hepa filter* tersebut suatu saat akan mengalami kejenuhan dan perlu diganti dengan yang baru agar bekerja sesuai fungsinya. *Hepa filter* bekas tersebut adalah suatu limbah padat bersifat radioaktif yang harus ditangani dengan baik.

Untuk memudahkan penanganan limbah radioaktif padat, disediakan dua buah jenis kotak limbah dengan warna merah dan kuning. Warna merah dipergunakan untuk limbah padat radioaktif yang tidak dapat bakar, sedangkan kotak berwarna kuning untuk limbah radioaktif padat yang dapat bakar. Kondisi muatan kotak limbah dipantau setiap dua minggu sekali oleh petugas limbah dari Sub Bidang Akunting Bahan Nuklir dan Pengelolaan Limbah Bidang Keselamatan (SB-ABNPL)-PTBN dan diamankan bilamana kantong plastik berwarna kuning yang terdapat di dalam kotak limbah terisi penuh. Kantong-kantong limbah tersebut dimasukkan ke dalam drum limbah berwarna kuning

(volume 100 liter) dan dilakukan kompaksi untuk mengurangi volume. Limbah yang tidak bisa dikompaksi akan dilakukan pemotongan sesuai ukuran drum limbah, sedangkan limbah yang tidak bisa dipotong langsung dimasukkan kantong limbah dan diberi identitas. Limbah *hepa filter* termasuk limbah yang tidak dapat bakar dan tidak bisa dikompaksi. Limbah *hepa filter* tersebut dikemas dalam plastik yang rapat dilokasi penggantianannya dan siap dikirim ke IPLR setelah diberi identitas/label.

Untuk limbah padat yang dimasukkan kedalam drum limbah, setelah terisi penuh drum ditutup dan dikunci rapat, kemudian dilakukan pengukuran. Untuk memudahkan penanganan selanjutnya, permukaan drum diberi label yang berisi mengenai: tanggal pengemasan, besar paparan radiasi, PPR (Petugas Proteksi Radiasi) yang bertugas dan jenis limbah. Drum siap kemas disimpan di ruang penyimpanan limbah padat dan dikirim ke PTLR jika dianggap sudah cukup banyak. Pengiriman limbah tersebut harus disertai dengan dokumen limbah yang disediakan dan juga didokumentasikan oleh SB-ABNPL^[3].

METODA

1. Bahan dan Peralatan

Penanganan limbah radioaktif padat termasuk *hepa filter* perlu dilakukan dengan bahan dan peralatan yang baik, agar resiko terkena bahaya radiasi dan kontaminasi menjadi berkurang. Peralatan yang diperlukan diantaranya adalah ; *Thermoluminisence Dosemeter* (TLD), sarung tangan, masker, pelindung kepala, kantong plastik kuning, pakaian kerja, sepatu kerja, alat timbangan, *tele detektor*, *surveymeter*, *hand-pallet*, *kompaktor* dan alat penyimpanan data.

2. Cara Kerja

Dalam melakukan penanganan limbah radioaktif padat termasuk *hepa filter* perlu dilakukan dengan cara yang baik dan benar agar bahaya terkena paparan radiasi dan kontaminasi dapat ditekan sekecil mungkin. Prosedur pelaksanaan penanganan limbah radioaktif padat diatur dalam Prosedur Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Limbah B3 di PTBN tahun 2010. Secara umum prosedur tersebut meliputi : pemantauan, pengumpulan, pengelompokan, pengepakan, pelabelan dan pengangkutan ke Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR)^[3].

a) Pemantauan dan Pengumpulan Limbah Radioaktif Padat

Penanganan limbah radioaktif padat dimulai dari pemantauan pada setiap kotak limbah yang ditempatkan pada lorong dan depan pintu ruangan laboratorium. Kotak limbah padat diletakkan pada tempat yang mudah terlihat dan terjangkau sehingga pekerja dengan mudah dan cepat mengambil barang/limbah untuk dimasukkan pada kotak limbah yang disediakan. Setiap penempatan kotak limbah radioaktif padat selalu disediakan tiga jenis kotak dengan warna yang berbeda dengan peruntukan masing masing (Gambar 1). Untuk kotak warna merah digunakan untuk limbah radioaktif padat tidak dapat bakar, untuk warna kuning untuk limbah radioaktif padat dapat bakar sedangkan untuk warna hijau untuk limbah non radioaktif. Dari hasil pemantauan tersebut limbah yang sudah mencapai 80% dari volume kotak limbah diperiksa paparannya dan diangkut ke tempat penampungan sementara. Kotak limbah yang kosong dipasang dengan plastik yang baru.



Gambar 1.
Jenis kotak limbah



Gambar 2.
Ruang R-013 penampungan
limbah radioaktif padat di IRM



Gambar 3.
Ruang HR-07 penampungan
limbah radioaktif padat di IEBE

b) Pengelompokan

Setelah limbah berada di ruang penampungan sementara segera dilakukan pemeriksaan pada setiap kantong limbah. Limbah tersebut harus dipisahkan antara yang dapat bakar dan tidak dapat bakar, antara yang dapat dimampatkan dan tidak dapat dimampatkan (Gambar 4). Limbah yang dapat dimampatkan dan dapat bakar biasanya berasal dari bahan yang lunak, limbah seperti ini langsung dimasukkan kedalam drum limbah. Limbah yang tidak dapat bakar dan tidak dapat dimampatkan biasanya berasal

dari bahan yang keras. Limbah tersebut perlu dipotong sesuai ukuran drum, sedangkan yang tidak bisa dipotong, dibiarkan tetap disimpan dalam kantong plastik kuning.



Gambar 4.
Pengelompokan limbah
padat



Gambar 5. Limbah *smoke detektor*



Gambar 6.
Pemeriksaan limbah padat oleh PPR



Gambar 7.
Pemampatan limbah padat
menggunakan kompaktor.



Gambar 8.
Alat transportasi limbah ke PTLR

c) Pengepakan

Setelah limbah dipisahkan sesuai dengan spesifikasinya, segera dilakukan pengepakan dan pemampatan oleh petugas pengelola limbah dan didampingi Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Cara pengepakan limbah adalah dengan memastikan bahwa tiap

tiap kantong plastik limbah harus bisa dimasukkan ke dalam drum kuning ukuran 100 liter. Setelah satu kantong plastik limbah dimasukkan kedalam drum ukuran 100 liter, segera dilakukan pemampatan dengan menggunakan kompaktor. Setelah kantong plastik pertama dimampatkan segera dimasukkan kantong plastik kedua dan seterusnya hingga penuh (Gambar 7).

Untuk pengepakan limbah *Hepa filter* dilakukan langsung ditempat penggantian *hepa filter*. *Hepa filter* adalah limbah yang tidak dapat bakar dan tidak dapat dikompaksi serta banyak mengandung partikel radioaktif, untuk itu perlu penanganan tersendiri. Cara penanganan limbah *hepa filter* adalah sebagai berikut:

Sistem VAC instalasi dimatikan oleh staf dari Bidang Operasi Sarana Penunjang (BOSP). Plastik kemasan dari *hepa filter* yang baru dibuka. *Casing hepa filter* dibuka, diperiksa paparannya oleh PPR. Untuk memastikan kondisi aman bagi pekerja untuk melakukan penanganan *hepa filter*, *hepa filter* lama (sebagai limbah) dikeluarkan dan dimasukkan kedalam kemasan plastik dari *hepa filter* yang baru. *Hepa filter* yang baru dipasang untuk mengganti *hepa filter* yang lama. Kemasan limbah *hepa filter* ditutup rapat, diberi label dan dimasukkan kedalam dus kemasan dari *hepa filter* yang baru. Limbah *hepa filter* disimpan ditempat penyimpanan sementara dan siap untuk dikirim ke IPLR.

d) Pelabelan

Setelah kemasan drum limbah dianggap sudah cukup kuat dan tidak bocor, maka segera dilakukan kegiatan pelabelan. Sebelum diberi label PPR memeriksa paparan radiasi. Label dipasang pada permukaan yang mudah terlihat agar tidak menyulitkan penanganan selanjutnya. Secara umum label berisi : berat, besaran paparan radiasi, penanggungjawab (oleh PPR) dan tanggal pengepakan. Untuk identitas limbah seperti *hepa filter* dan *smoke detektor* cukup ditulis besaran paparan dipermukaan kemasan..

e) Pengangkutan Ke IPLR

Langkah pertama dalam pengiriman limbah adalah mendata semua limbah yang akan dikirim ke IPLR yang meliputi: volume, besar paparan dan berat limbah. Setelah IPLR menerima data limbah dari PTBN, staf dari IPLR memeriksa kebenaran data yang ada di lapangan. Setelah semua limbah dan kemasan limbah *hepa filter* dinyatakan aman dan sesuai data, maka IPLR memberikan rekomendasi. Rekomendasi tersebut berisi mengenai waktu pengangkutan, kelengkapan keamanan dan keselamatan, dan hal lain yang perlu termasuk alat transportasi yang cukup (Gambar 8).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama tahun 2012 telah dilakukan pengumpulan limbah kemasan plastik kuning dengan volume antara 80 liter sampai 100 liter. Secara pasti jumlah banyaknya kantong plastik limbah tidak bisa dipastikan, karena pekerja langsung mengumpulkan dan menumpuknya di gudang penampungan sementara. Pekerja memasukkan kantong limbah kedalam drum karena kantong limbah sudah terlihat cukup banyak/menggunung (Gambar 2 dan Gambar 3). Lokasi penampungan sementara gedung 20 IRM berada di ruang R-013 (Gambar 2) sedangkan untuk Gedung 65 IEBE berada di ruang HR-07 (Gambar 3).

Pekerja dalam memasukkan limbah kedalam kantong plastik masih diketemukan kesalahan. Dimana kesalahan tersebut diantaranya adalah memasukkan limbah yang tidak dapat bakar ke tempat limbah yang dapat bakar dan limbah non kontaminasi dimasukan ke tempat yang kontaminasi. Tentunya hal ini menjadi pekerjaan yang harus dirapikan oleh pengelola limbah. Limbah berupa baju kerja, *smoke detektor*, pipa paralon, kardus kemasan barang elektronik, selang spiral (Gambar 5) masih tercampur menjadi satu kantong plastik, padahal seharusnya dipisahkan. Kesalahan juga masih terjadi pada penanganan pada limbah non radiasi. Kekeliruan tersebut adalah memasukkan limbah kemasan peralatan kantor, yang umumnya kardus biasa (kardus alat tulis kantor, alat elektronik, kemasan bahan kimia dan lain lain) yang seharusnya dimasukan pada kantong plastik non radiasi warna biru, tetapi dimasukkan kedalam plastik kontaminasi warna kuning. Untuk memastikan antara kontaminasi dan non kontaminasi petugas pengelola limbah bersama dengan PPR melakukan pemeriksaan bersama (Gambar 6).

Setelah limbah dikumpulkan sesuai dengan kelompoknya dan dikemas dengan rapat, maka didapatkan 13 drum ukuran 100 liter yang dapat bakar dan 1 drum ukuran 100 liter yang tidak dapat bakar (Tabel 1). Hasil pengukuran yang dilakukan oleh PPR terhadap limbah limbah tersebut (Tabel 1 dan Tabel 2) dapat diketahui bahwa besaran paparan radiasi yang tertinggi adalah 0,32 $\mu\text{Sv/jam}$ dan yang paling rendah adalah 0,22 $\mu\text{Sv/jam}$ dari permukaan. Batasan yang diijinkan adalah 10 $\mu\text{Sv/jam}$ jadi besaran paparan tersebut masih dibawah batas yang aman^[2,3]. Secara lengkap hasil penanganan limbah setelah dimasukkan kedalam drum ukuran 100 liter adalah seperti ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Daftar limbah radioaktif padat di PTBN tahun 2012^[4].

NO. DRUM	PAPARAN ($\mu\text{Sv/jam}$)	KETERANGAN
	Permukaan	
1	0,32	Limbah Dapat bakar
2	0,32	Limbah Dapat bakar
3	0,28	Limbah Dapat bakar
4	0,24	Limbah Dapat bakar
5	0,27	Limbah Dapat bakar
6	0,25	Limbah Dapat bakar
7	0,22	Limbah Dapat bakar
8	0,26	Limbah Dapat bakar
9	0,27	Limbah Dapat bakar
10	0,24	Limbah Dapat bakar
11	0,25	Limbah Dapat bakar
12	0,26	Limbah Dapat bakar
13	0,23	Limbah Dapat bakar
14	0,27	Limbah Tidak Dapat bakar

Hepa filter adalah penyaring udara pada sistem ventilasi udara, yang merupakan bagian penting dari keselamatan. Karena sudah mengalami kejenuhan maka perlu diganti dengan yang baru. Pada tahun 2012 sebanyak 45 buah *hepa filter* sudah diganti dengan yang baru, agar lingkungan bisa dijaga dari bahaya radiasi dan kontaminasi. Penggantian tersebut berdampak pada meningkatnya jumlah limbah padat radioaktif yang cukup signifikan. *Hepa filter* bekas yang diganti tersebut dikategorikan sebagai limbah padat kontaminasi, secara lengkap data limbah tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Jumlah drum limbah yang terkumpul pada tahun 2012 sebetulnya adalah jumlah yang biasa dan setiap tahun jumlahnya tidak jauh dari angka tersebut. Namun karena ada penambahan limbah akibat dari penggantian *hepa filter* yang cukup banyak, maka jumlah limbah menjadi jauh lebih banyak dari tahun tahun sebelumnya (bandingkan dengan Tabel 3 Tabel 4). Limbah *hepa filter* adalah limbah padat yang tidak bisa dimampatkan, tidak dapat bakar dan mempunyai volume besar. Dengan kondisi tersebut ditambah dengan jumlahnya yang banyak, membuat limbah *hepa filter* akan banyak memakan biaya penyimpanan, waktu penanganan, tempat penyimpanan dan tenaga pengangkutan. Berbeda dengan limbah dapat dikompaksi, limbah tersebut bisa ditekan menjadi lebih sedikit, sehingga bisa menekan biaya penyimpanan, waktu dan tenaga pengangkutan serta tempat penyimpan.

Tabel 2. Daftar limbah radioaktif padat berupa *Hepa Filter* di PTBN tahun 2012^[4].

NO	KODE	Radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)		NO	KODE	Radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)	
		γ	α			γ	α
1	PL1A1	0,135	0,046	22	PL 2B1	0,135	0,043
2	PL 1A2	0,149	0,052	23	PL 2B2	0,138	0,044
3	PL 1A3	0,174	0,053	24	PL 2B3	0,120	0,042
4	PL 1A4	0,138	0,045	25	PL 4A1	0,140	0,041
5	PL 1A5	0,143	0,052	26	PL 4A2	0,120	0,045
6	PL 1A6	0,140	0,041	27	PL 4A3	0,130	0,050
7	PL1B1	0,152	0,042	28	PL 4B1	0,150	0,042
8	PL 1B2	0,194	0,055	29	PL 4B2	0,135	0,057
9	PL 1B3	0,155	0,048	30	PL 4B3	0,107	0,045
10	PL 1B4	0,147	0,040	31	PL 4B4	0,150	0,041
11	PL 1B5	0,144	0,038	32	PL 4B5	0,137	0,043
12	PL 1B6	0,137	0,046	33	PL 4B6	0,115	0,039
13	PL2A1	0,140	0,042	34	PL 5B1	0,142	0,046
14	PL 2A2	0,145	0,039	35	PL 5B2	0,150	0,041
15	PL 2A3	0,130	0,041	36	PL 5B3	0,130	0,058
16	PL 2B1	0,129	0,046	37	PL6A1	0,160	0,063
17	PL 2B2	0,135	0,047	38	PL 6A2	0,125	0,040
18	PL 2B3	0,135	0,039	39	PL 6A3	0,125	0,049
19	PL3A1	0,117	0,049	40	PL6B1	0,150	0,045
20	PL 3A2	0,138	0,053	41	PL 6B2	0,120	0,038
21	PL 3A3	0,120	0,045	42	PL 6B3	0,130	0,046
43	HF 01	0,115	0,038	44	HF 02	0,125	0,040
45	HF 03	0,130	0,046				

Tabel 3. Daftar limbah radioaktif padat di PTBN tahun 2010^[5].

No. Drum	Paparan permukaan ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	Keterangan
1	0.211	Limbah Dapat bakar
2	0.255	Limbah Dapat bakar
3	0.339	Limbah Dapat bakar
4	0.225	Limbah Dapat bakar
5	0.235	Limbah Dapat bakar
6	0.159	Limbah Dapat bakar
7	0.246	Limbah Dapat bakar
8	0.106	Limbah Dapat bakar
9	0.208	Limbah Dapat bakar
10	0.225	Limbah Dapat bakar

Tabel 4. Daftar limbah padat di PTBN tahun 2011^[6].

No. Drum	Paparan permukaan ($\mu\text{Sv/h}$)	Keterangan
1	0.131	Limbah Dapat bakar
2	0.156	Limbah Dapat bakar
3	0.183	Limbah Dapat bakar
4	0.155	Limbah Dapat bakar
5	0.170	Limbah Dapat bakar
6	0.200	Limbah Dapat bakar
7	1.500	Limbah Dapat bakar
8	0,388	Limbah Dapat bakar
9	0.360	Limbah Dapat bakar
10	0.090	Limbah Dapat bakar
11	0.208	Limbah Dapat bakar
12	0.251	Limbah Dapat bakar
13	0.215	Limbah Dapat bakar

KESIMPULAN

Selama tahun 2012 telah dilakukan pengiriman limbah radioaktif padat berupa 13 buah drum ukuran 100 liter dapat bakar, 1 buah drum ukuran 100 liter tidak dapat bakar, 5 buah *smoke detektor* dan 45 buah *hepa filter* ke PTLR. Penambahan limbah *hepa filter* tersebut menjadikan jumlah limbah tahun 2012 menjadi lebih banyak dibandingkan dengan tahun sebelumnya, hal ini berpengaruh pada penambahan tenaga, biaya dan waktu yang diperlukan untuk penanganannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ANONIM, "Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN", Keputusan Kepala BATAN Nomor: 123/KA/VIII/2007, Jakarta, tahun 2007.
- [2]. ANONIM, "Ketentuan keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif", Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 03/ka-bapeten/v-99, Jakarta, tahun 1999.
- [3]. ANONIM, "Prosedur Pengelolaan Limbah Radioaktif dan B3", Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Jakarta, tahun 2010.
- [4]. ANONIM, "Laporan Triwulan Bidang Keselamatan", PTBN, Jakarta, tahun 2012.
- [5]. ANONIM, "Laporan Triwulan Bidang Keselamatan", PTBN, Jakarta, tahun 2010.
- [6]. ANONIM, "Laporan Triwulan Bidang Keselamatan", PTBN, Jakarta, tahun 2011.